

灰色系統理論應用於靜態及動態等級類別型 品質特性最佳化之研究 研究計畫成果報告

計畫編號：NSC90-2218-E-009-025-

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：國立交通大學工業工程學系 唐麗英教授

一、摘要

隨著產品或製程複雜度的增加，在衡量某些產品的品質特性時，往往無適當量測工具而需要以目視外觀的分類方式來衡量品質特性的好壞，此時品質特性須以等級類別資料(ordered categorical response)的型式呈現。以往中外文獻所發展之線外製程參數最佳化之方法，大多是針對可以量測的品質特性而設計，且這些方法都牽涉到相當複雜的數學模式或艱深的統計分析技巧，對於無太多統計或數學背景的製程工程師並不適用。因此，本研究之主要目的是根據田口(Taguchi)直交表實驗，分別針對靜態及動態系統中的等級類別品質特性，首先利用模糊理論(Fuzzy theory)決定品質特性各等級類別的權重，再利用灰色系統理論中的灰關聯分析(Grey relational analysis)技巧，發展出一套有效的等級類別線外製程品質最佳化分析程序。本研究最後並以實際製程的案例來說明如何應用本研究所發展的演算流程及驗證本研究方法確實有效可行。

關鍵詞：等級類別品質特性、製程最佳化、灰關聯分析、模糊理論

Abstract

As the product and process becoming increasingly complicated, the desired quality response may be qualitative or ordered categorical. Several methods for optimizing an ordered categorical quality characteristic in a state system are developed, but these methods usually involve complex computations or require some statistical assumptions. The optimization of an ordered categorical quality characteristic in a state system has rarely been discussed in the literature. Hence, this study proposes a procedure to optimize the ordered categorical quality characteristic in a state and dynamic system using Fuzzy theory and Grey relational analysis. Fuzzy theory is applied to determine the weight for each response and Grey relational analysis is then employed to find the optimal factor-level combination. Two real cases from the IC manufacturers in Taiwan are utilized to illustrate and verify the effectiveness of the procedure.

Keywords: ordered categorical response, process optimization, grey relational analysis, Fuzzy theory

二、緣由與目的

在衡量某些產品的品質特性時，往往受限於成本或無適當量測工具等情況，需要以目視外觀或粗略的分類方式來衡量品質特性，此時品質特性就必須以等級類別資料(ordered categorical response)的型式呈現，例如：以劣、可、良、優的評價方式來評估產品品質之好壞。而目前有關等級類別品質特性最佳化的相關文獻卻相當少見，除了田口的累積分析法 [5][6]外，還有 Nair[4]、Jeng 與 Guo[3]等所提的一些最佳化方法，但這些方法都僅針對靜態等級類別品質特性作最佳化且牽涉到主觀選取最佳因子水準的偏誤、或需大量複雜的運算以及引用不適當指標等缺點，以致造成這些方法分析效果不彰或工程人員不易使用的問題。

灰色系統理論(Grey system theory) [2]主要是用來研究具有多變量輸入、不確定性或資訊不完全的系統模型。其中之灰關聯分析(Grey relational analysis)技術主要是依據數據發展的趨勢(trends)作資料分析，所以並不需要考慮傳統統計方法關於母體分佈之假設或大樣本之要求。由於利用直交表來進行實驗設計，不僅可分析多個控制因子的效果，而且也將雜音因子對品質影響的效果考慮在產品的設計之中，是屬於一個多變量輸入的系統。另外，使用直交表的部分實驗設計乃是在有限不完整的資訊環境下，針對多變量之輸入資訊尋求製程最佳的因子水準組合，故等級類別品質特性之製程改善是屬於一個灰色系統，而灰關聯分析計算簡單，其主要是利用離散的測度方式來衡量兩個序列間的距離，以探討兩個序列間的關聯程度。此外，在決定品質特性各等級類別之權重方面，一般業界是憑工程人員以其經驗判斷權重，因此常失於主觀，對此問題本研究利用模糊理論，提出了一個有系統之決定各等級

類權重的方法。故本研究主要目的是利用模糊理論[1]及灰關聯分析，針對靜態與動態等級類別製程品質特性，發展出一套較現有之最佳化方法更簡單有效之線外製程品質最佳化的分析程序。

參、靜態與動態等級類別品質特性最佳化之演算流程

本研究所發展之靜態與動態等級類別品質最佳化的分析程序，其步驟如下：

一、靜態等級類別品質特性製程最佳化的分析程序

步驟一、按工程知識與經驗，利用模糊理論，將等級類別之重要程度以十三種可用之語意性措詞表之，然後將各品質之模糊權重轉化為一個明確權重。

步驟二、計算各等級類別之加權累積機率值。

步驟三、對每一等級類別變數下的加權累積機率值作灰關聯生成。

步驟四、計算各實驗組合下之灰關聯係數。

步驟五、計算各實驗組合下之灰關聯度。

步驟六、建立灰關聯度回應表及回應圖，決定最佳因子水準組合。

步驟七、確認實驗。

二、動態等級類別品質特性製程最佳化的分析程序

當產品品質特性以等級類別的(ordered categorical)型式來衡量且具有信號因子會影響其品質特性時，則此製程稱為一個動態等級類別品質特性製程。本研究針對動態等級類別品質特性製程所發展

的製程最佳化流程，其各步驟之內容如下：

步驟一至步驟五、同靜態等級類別品質特性製程最佳化流程中之步驟一至步驟五。

步驟五、根據每一個信號因子水準下的灰關聯度值再進行灰關聯分析運算。

步驟六、建立總灰關聯度之回應表及回應圖，以決定最佳因子水準組合。

步驟七、確認實驗。

本研究以新竹科學園區某積體電路公司一個「半導體離子植入(ion implantation)的製程案例」，來說明所發展之靜態等級類別品質特性製程最佳化的分析程序，並與AA法 [5][6]及WPSS法 [3]所得到的結果做比較，以驗證本研究之有效性。結果顯示本研究所提出的方法對製程品質改善與AA法 [5][6]具有相同的成效，且較WPSS法 [3]得到的結果佳。而在動態等級類別品質特性製程最佳化方面，本研究亦以一個積體電路公司後段封裝之導線架製程實例，來說明所發展之動態等級類別品質特性製程最佳化的分析程序，並根據本研究方法所找出之最佳因子水準組合進行驗證實驗，且與現行水準做比較。此部份之結果亦顯示本研究所提之動態等級類別品質特性最佳化方法對於製程品質改善具有顯著的效果。

肆、結論

大多數有關製程參數最佳化的研究主要是針對可以量測的品質特性，而在業界的實際製程案例中卻愈來愈多的品質特性由於成本或時間的考量而無法衡量，是以主觀目視的方式，將品質好壞以等級類別的型式來評定，但目前解決此類問題的相關方法不是計算繁複就是有衡量指標使用不當的問題。本研究利用灰色關聯分析實

驗數據及模糊理論決定各等級類別之權重，找出最佳因子水準組合。

綜上所述，可以知道本研究提出以模糊理論及灰關聯分析法來最佳化等級類別品質特性，此最佳化方法不僅有效可行，且僅涉及簡單的運算，相對於現有文獻中分析方法之艱深數學與統計技巧，可說是計算相當簡單且有效，非常適合於無太多數學或統計背景的工程人員使用。

本研究之成果彙整如下：

1. 過去等級類別的應用案例相當少見，特別是動態系統的等級類別品質特性最佳化問題更是罕見，本研究提出以灰關聯分析的技巧來解決靜態及動態品質最佳化問題，可有效地改善製程品質。
2. 本研究只須求算簡單的灰關聯度，即可明確作為最佳因子水準組合選取的依據，相較於AA法、WPSS法類神經網路或基因演算法的複雜技術，更顯本研究方法的運算效率。
3. 本研究利用模糊理論所構建之品質特性各等級類別的權重決定方法，可有效地找出各等級之明確權重數，較以往僅靠工程人員主觀判斷各等級之權重要來的精確。

五、參考文獻

- [1] Chen, S.J. and Hwang C.L., Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Springer-Verlag, New York, 1992.
- [2] Deng, Julong, 1989, "Introduction to Grey System," Journal of Grey System, 1(1), p. 1-24.
- [3] Jeng, Y.-C. and Guo, S.-M., 1996, "Quality Improvement for RC60 Chip Resistor," Quality and Reliability Engineering International, 12, p. 493-445.
- [4] Nair, V. N., 1986, "Testing in Industrial Experiments with Ordered Categorical Data," Technometrics, 28, p. 283-291.
- [5] Phadke, M. S., 1989, Quality Engineering Using

Robust Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs,
New Jersey.

- [6] Taguchi, G., 1966, Statistical Analysis (in Japanese), Maruzen, Tokyo.

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

灰色系統理論應用於靜態及動態等級類別型 品質特性最佳化之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC90-2218-E-009-025-

執行期間：90年8月1日至91年7月31日

計畫主持人：唐麗英

執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系

中華民國 91 年 10 月 30 日